ISSN 1677-7883
DOI: http://dx.doi.org/10.31607/coletanea-v19i38-2020-11

A pandemia de COVID-19 e uma breve discussão sobre ciências formais, filosofia da ciência e interdisciplinaridade

The COVID-19 Pandemic and a Brief Discussion on Formal Sciences, Philosophy of Science and Interdisciplinarity

André Campos da Rocha*

Resumo: Neste ensaio discutem-se algumas características das ciências formais, sobretudo da lógica e da matemática, com o auxílio da filosofia da ciência. O objetivo almejado é o de sugerir que uma abordagem interdisciplinar pode esclarecer problemas conceituais da linguagem formal, dando a ela um caráter mais racional. Desse modo, acredita-se que, a partir da compreensão da natureza e limites da linguagem formal, seja possível eliminar alguns dos mitos sobre o conhecimento matemático e as suas relações com as disciplinas que lidam com a realidade empírica.

Palavras-chave: Ciências formais. Matemática. Filosofia da ciência. Educação científica. COVID-19.

Abstract: In this essay we discuss a few some aspectcs of formal sciences, especially of the logic and the mathematics, according to the philosophy of science. The objective in this way is to suggest that a interdisciplinary approach can clarify conceptual problems of formal language, giving it a more rational character. Thus, it is believed that, from the accurate understanding of the nature and limits of formal language, it is possible to eliminate some of the myths about mathematical knowledge and its relations with the disciplines that deal with empirical reality.

Keywords: Formal sciences. Mathematics. Philosophy of Science. Scienctific education. COVID-19.

* André Campos da Rocha possui doutorado em Filosofia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), graduação e mestrado em Filosofia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Realizou pesquisa de pós-doutorado em História das Ciências no HCTE-UFRJ. É professor adjunto da Faculdade de São Bento do Rio de Janeiro (FSB-RJ). Contato: monodromia@gmail.com

Introdução: duas notícias que chamam a atenção

Saber é criar, fazer algo, que é a raiz da ideia de arte.
Ubiratan D'Ambrosio

A pandemia de COVID-19 deixou aparente um padrão de negligência do Estado Brasileiro em relação a diversos aspectos: saúde, mundo do trabalho, economia etc. No entanto, nada se mostrou mais desnudado e precário do que a esfera da educação. O abandono sistemático do nosso sistema educacional, por parte dos governos que se sucedem, se tornou patente tanto para o ensino público quanto para o privado – em todos os níveis que existem, da educação infantil até a pós-graduação.

Os elementos que podemos declinar, pertencentes a essa situação caótica, são muitos e variados: a) professores sem qualquer auxílio governamental para executarem as suas funções; b) estudantes carentes de orientação ou recursos materiais; c) ausência de suporte aos danos psicológicos (presentes em docentes e estudantes), decorrentes do isolamento social e do *stress* causado pela súbita mudança de paradigma do ensino presencial para o remoto; d) paralisia quase completa do Ministério da Educação, das secretarias de educação estaduais e municipais.

Em verdade, os impactos educacionais avassaladores, ocorridos durante o ano de 2020, ficarão por muitos anos a assombrar a vida dos estudantes e docentes brasileiros. Érika Dias e Fátima Pinto, em ensaio recentemente publicado, afirmam que:

> A nosso ver, por mais que a economia dos países sofra com a pandemia, os investimentos em Educação devem ser mantidos, quiçá aumentados. Conforme a Unesco, a natural queda na aprendizagem poderá alastrar-se por mais de uma década se não forem criadas políticas públicas que invistam em melhorias de infraestrutura, tecnologias, formação, metodologias e salários, além do reforço da merenda, melhor aproveitamento do tempo, tutoria fora do horário usual das aulas e material adicional (...) (DIAS e PINTO, 2020, p. 545).

Certamente, as consequências da pandemia para a educação se constituirão como um campo de pesquisa que deverá ser explorado por pesquisadores, nas próximas décadas, em diversas áreas e linhas de pesquisa da educação, da psicologia, da sociologia, da economia etc. Mas não é desta discussão que este trabalho tratará.

Neste ensaio, apresentar-se-ão alguns tópicos das ciências formais, discutidos do ponto de vista da filosofia da ciência. O objetivo que se tem em mente é o de mostrar a relevância do papel da filosofia da ciência, na melhoria da compreensão da natureza da linguagem formal (bem como dos seus limites e das suas relações com as ciências empíricas).

Portanto, a abordagem é interdisciplinar e possui como fim último, sugerir que alguns dos mitos sobre o conhecimento matemático (existentes até mesmo entre aqueles que se educaram em ciências formais), podem ser destronados pelo devido esclarecimento filosófico. E, em tempos de uma pandemia global, os mitos devem ser substituídos pela discussão racional.

A motivação para este ensaio surgiu a partir de duas notícias, veiculadas no período inicial da pandemia, e que servem para ilustrar o problema da incompreensão do que vem a ser o conhecimento matemático e como ele se articula com os outros saberes. Não considerando os aspectos da subjetividade das personagens envolvidas nos relatos selecionados, observando apenas o conteúdo objetivo das suas declarações, conclui-se que os eventos, descritos nas notícias em tela, possuem clara relação com uma incompreensão do papel da matemática, como linguagem para as ciências.

A primeira notícia relata o caso de um cientista da computação, paranaense e *digital influencer*, que possui um canal numa rede social, utilizado para divulgar suas ideias sobre nutrição e saúde, de um modo geral. Num de seus vídeos, o referido *digital influencer* garantiu que, depois de ler uns poucos artigos científicos, concluiu que as máscaras não surtiam efeito na prevenção do contágio pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), responsável pela atual pandemia de COVID-19.

Posteriormente, provou-se que a leitura do *inlfuencer* era, no mínimo, equivocada. A defesa que ele apresentou das acusações de charlatanismo consistia em dizer que, pelo fato de ser graduado na área de ciências exatas, isso garantia a ele uma "enorme capacidade" (em suas palavras) de analisar, criticamente, argumentos sem contaminação ideológica. Além disso, ele informava que o conhecimento científico, nos dias de hoje, pode ser acessado por qualquer interessado[1]. Em síntese, o argumento se reduz a dizer que basta ter banda larga, ser alfabetizado e conhecer lógica básica, para que se entenda o conteúdo de qualquer ciência.

1. Cf. https://politica.estadao.com.br/blogs/estadao-verifica/mascaras-sao-eficientes-no-combate-ao-novo-coronavirus-ao-contrario-do-que-diz-influenciador/

Já a segunda notícia, tinha por objeto o entrevero entre um casal de engenheiros e um fiscal sanitário, na cidade do Rio de Janeiro. Os engenheiros se mostraram contrariados com o fiscal, pois este, diante da constatação de uma aglomeração no restaurante em que se encontravam, resolveu ordenar o fechamento do estabelecimento. O fato ganhou repercussão pelo aspecto cômico, dado que a esposa, engenheira, considerou ofensiva a qualificação que seu cônjuge recebeu do fiscal: *cidadão*. Sendo assim, adiantou-se na defesa de seu esposo, diante da "ofensa" proferida pelo fiscal, com um argumento muito interessante. Disse ela: "Cidadão, não. Engenheiro civil, formado. Melhor do que você".[2]

Novamente, retirando-se a dimensão da subjetividade dos atores em questão, há que se buscar a razão pela qual a engenharia daria, supostamente, mais dignidade a alguém, do que conhecimentos na área de saúde. Posteriormente, a referida engenheira acreditou melhorar o seu argumento, dizendo que o seu cônjuge era melhor capacitado do que o fiscal, porque o distanciamento entre pessoas é aferido por trenas – instrumento capaz de materializar a racionalidade típica das ciências exatas – e não por conhecimentos na área de saúde.

Observando-se com atenção, constata-se uma relação fundamental entre o argumento do cientista da computação e o da engenheira. Para ambos, a matemática é capaz de disciplinar, de ordenar as incertezas das outras áreas de conhecimento. Ambos parecem levar ao extremo (e à caricatura) o *dictum* gaussiano de que "a matemática é a rainha das ciências".

É curioso notar que as personagens que motivaram este trabalho, retiradas da crônica jornalística, foram educadas no ensino superior, em engenharia e ciências exatas. Mas, mesmo assim, mostram lacunas fundamentais, no conhecimento da linguagem formal. Se forem considerados os dados do relatório de 2018, do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes[3], pode-se imaginar um cenário, em relação à população como um todo, mais agudo. No relatório, encontra-se a informação de que 68,1 % dos estudantes brasileiros de 15 anos possuem severas deficiências educacionais em matemática, não possuindo o conhecimento "mínimo para o exercício da cidadania" (INEP, 2019)[4].

---

2. Cf. https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/07/06/interna-brasil,869788/fiscal-e-intimidado-em-bar-do-rio-engenheiro-civil-melhor-que-voce.shtml

3. Daqui para frente, Pisa.

4. Além da matemática, o teste Pisa avalia os conhecimentos em ciências e leitura. Os dados sobre estudantes brasileiros informam que, em ciências, o não domínio de conhecimentos básicos

Os eventos selecionados parecem indicar dois pontos: a) a educação brasileira básica, nas áreas de ciência e tecnologia, cumpre com louvor a missão de captar e moldar as vocações para as ciências e as tecnologias; b) a educação básica brasileira se mostra falha, no objetivo de formar cidadãos educados suficientemente, bem, para a compreensão do debate público em torno de temas científicos.

Os dados do teste Pisa parecem corroborar o segundo ponto. No que diz respeito ao primeiro, basta verificar os números do IPEA, sobre a produção científica brasileira na área de saúde. O Brasil contribui de forma significativa, pois cientistas com vínculo em instituições brasileiras registraram mais de 237 mil publicações, entre os anos de 2016 e 2018. A média da contribuição brasileira está em torno dos 2,6%, sendo que em algumas áreas, esse número sobe expressivamente, como é o caso da odontologia, na qual o Brasil possui mais de 12% da produção mundial (MACHADO, 2020).

O contraste, entre as informações do Pisa e do IPEA, nos leva a crer que se *habemus scientiae*, não temos cidadãos capazes de dominar temas básicos de ciência. O Brasil se encontra distante de ter uma população cientificamente educada, independentemente, do nível em que seus cidadãos concluíram seus estudos e da área em que se educaram profissionalmente. Neste sentido, há razões para crer que o ensino, exclusivamente, para o mercado de trabalho já existe na prática e que a tão criticada e mal vista formação geral jamais existiu plenamente.

Se não é possível atribuir à educação o papel de redentora de todas as mazelas da humanidade, menos ainda se pode exigir das ciências. No entanto, não se configura como uma completa impossibilidade, que se estabeleçam papéis precisos para a educação e, sobretudo, para a educação científica. Não é de todo utópico, fornecer conhecimentos científicos básicos (e sólidos), para todos os que frequentaram a educação formal de um país.

1 A educação científica no Brasil e a filosofia: a interdisciplinaridade como uma possível saída

Neste breve ensaio, serão discutidas algumas características das ciências formais, que podem ser esclarecidas, pela filosofia da ciência, durante o processo de ensino. O que se tem em mente é sugerir que uma abordagem interdisciplinar

atinge 55% dos estudantes e, em leitura, a falta de destreza chega a 50%.

no ensino da matemática, por exemplo, pode oferecer benefícios para a compreensão desta ciência e suas relações com outras disciplinas. Como afirma Karl Popper, não há razão para uma cisão artificial entre as disciplinas, pois os aspectos históricos e de conveniência administrativa são superados, pela real necessidade de que problemas sejam resolvidos. Nas palavras do epistemólogo austríaco, "estudamos problemas, não matérias: problemas que podem ultrapassar as fronteiras de qualquer matéria ou disciplina". (POPPER, 1972, p. 96) Salienta-se que, aqui, a interdisciplinaridade é tomada como uma demanda epistemológica fundamental. Nos termos em que nos adverte Hilton Japiassu:

> Chegou o momento de uma nova epistemologia, que não seria mais somente uma reflexão sobre cada ciência em particular, separada do resto, e comprazendo-se com uma deleitação morosa sobre seu próprio discurso. Invertendo a marcha do pensamento, os sábios de nossa época devem renunciar a se confinarem em sua especialidade, para procurarem, em comum, a restauração das significações humanas do conhecimento (JAPIASSU, 1976, p. 15).

Sendo assim, o papel que se impõe à interdisciplinaridade é duplo: a) operar como um dispositivo eficaz, em vários aspectos da prática educativa, dado que as disciplinas, ao se interpolarem, podem lançar luz sobre aspectos inerentemente obscuros, se abordados do ponto de vista de uma única disciplina; b) estimular uma atitude em relação à cognição, no sentido de a considerar como um processo que merece ser, cientificamente, analisado pela psicologia, biologia e outras ciências, mas que possui uma clara dimensão filosófica capaz de ampliar a compreensão da natureza e da aquisição do conhecimento. Segundo Maria Lucia Gattás e Antonia Regina Furegato:

> No contexto do ensino, a interdisciplinaridade é vista como um processo que envolve a integração e o engajamento de educadores. Trata-se de trabalho conjunto, com interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade. Superando a fragmentação do ensino, chega-se à formação integral dos alunos para exercerem criticamente a cidadania, mediante uma visão global do mundo, favorecendo o enfrentamento de problemas complexos (GATTÁS e FUREGATO, 2007, p. 89).

Em suma, mais adiante serão apresentados alguns problemas das ciências formais, que podem ser melhor compreendidos por quem se educa em matemática, mediante uma abordagem do ponto de vista da filosofia da ciência (portanto, num esquema interdisciplinar). Acredita-se que o emprego da filosofia da ciência viabiliza uma relevante abertura no processo de compreensão da natureza da matemática, bem como da sua aplicação e dos seus limites. Além disso, pode-se pensar a sua relação com as outras disciplinas, durante o próprio processo educacional.

Sabe-se que a educação científica no Brasil enfrenta várias dificuldades, que vão desde a carência de professores, em número suficiente, até a ausência de atividades práticas que auxiliem na consolidação do conteúdo teórico (ROCHA, BASSO e BORGES, 2015, p. 13). Certamente, as soluções para esse farto rol de problemas devem passar por um diálogo estreito entre professores, alunos, responsáveis, autoridades governamentais e a sociedade como um todo. Não há como modelar o problema do ensino de ciências e buscar as soluções adequadas, apenas a partir de leis que não são exequíveis, de professores bem intencionados ou de voluntarismos.

No que tange aos multifatoriais problemas específicos do ensino de ciências no Brasil, este texto não se ocupará. Este trabalho tem apenas a pretensão de ilustrar, como uma abordagem interdisciplinar (neste caso, filosófica), de problemas científicos, pode colaborar com a educação científica. Obviamente, neste curto texto, não se apresentará um programa didático a ser seguido, em termos metodológicos.

A filosofia, enquadrada na área de ciências humanas[5], é quase sempre vista como um tipo de conhecimento que nenhuma relação possui com as ciências empíricas. A representação mais comum dela é a de um erudito, que vive a estudar tratados em grego ou latim, e é capaz de proferir sentenças que causam impacto no âmbito da autoajuda. É verdade que muitos professores de filosofia se esforçam, competentemente, para reforçar esse estereótipo. Há, também, aqueles docentes que tomam a filosofia como uma plataforma, para discutir as novas ideias vindas de Paris, usadas quase sempre como *Prêt-à-Porter*. Mas a filosofia pode dar um contributo efetivo à educação científica, quando tratada na sua forma mais legítima, que é a de discutir problemas concretos e não doutrinas, livros ou autores. E dentre os problemas mais significativos para a filosofia, os que emergem das ciências são alguns dos que mais a impulsionaram.

5. Em nome do rigor, é preciso salientar que esse enquadramento que CAPES e CNPq impõem à Filosofia, serve apenas para fins administrativos e burocráticos, pois em nenhum aspecto essa disciplina pode ser tomada como uma ciência.

Dado que a filosofia da ciência procura elucidar problemas *conceituais* relativos às ciências, ela poderia cumprir um importante papel na educação científica. Desse modo, por qual razão esse potencial não é explorado de forma pedagógica? Diversos são os problemas filosóficos sobre a natureza da ciência, que se mostram adequados à utilização pedagógica para o ensino de ciências. Aqui serão tratados três deles: a) o que é uma teoria científica? b) qual a relação entre teoria e linguagem?; c) qual a linguagem mais apta para uma teoria?

2 A filosofia da ciência e as ciências formais

Decerto, é uma tarefa árdua definir o que é a filosofia. Nesse sentido, caracterizar a filosofia da ciência, como uma subárea consolidada da filosofia, apresenta as mesmas dificuldades, sobretudo, por ser um campo de pesquisa historicamente recente. Segundo Sarkar e Pfeifer: "A filosofia da ciência surgiu como uma subdisciplina reconhecível dentro da filosofia apenas no século XX. A possibilidade de tal subdisciplina é resultado da separação disciplinar e institucional pós-Iluminismo entre a filosofia e as ciências" (SARKAR e PFEIFER, 2006, p. xi, tradução nossa).

Para fins deste trabalho, a filosofia da ciência será encarada como um campo de pesquisa que investiga a natureza das ciências, do ponto de vista cognitivo (respondendo a questões tais, como "que é uma lei científica?", "que é uma teoria científica?" etc) e se ocupa de dar respostas para problemas que não podem encontrar solução dentro das próprias ciências ("que é a matemática?", "qual a lógica mais eficaz para se descrever o mundo?" etc).

Os problemas, já clássicos, tratados no âmbito da filosofia da ciência, de acordo com a caracterização aqui dada, são de natureza variada. Se por um lado, a questão da explicação científica merece atenção, por outro, a estrutura metafísica das ciências é objeto de análise. Aqui, deixam-se de lado as abordagens filosóficas das ciências, que se ocupam da ética da prática científica e procuram solucionar dilemas de extrema relevância, tais como, o uso ou não de animais para pesquisa de vacinas, ou quais são os limites que se devem impor ao conhecimento científico, para que ele não cause danos ao homem.

De início, a discussão deste trabalho, toma um tema que pode parecer fora de propósito, nos tempos atuais: a necessidade de se classificar os conhecimentos científicos. Por mais que se argumente em favor da superfluidade do problema da demarcação, ele ainda se apresenta como uma das discussões centrais em filosofia da ciência, dado que da sua solução pode-se, justamente, extrair alguns critérios para a classificação das ciências, segundo as suas particularidades. Um dos mais notórios filósofos da ciência do século passado, Carl Hempel, inicia um dos seus livros mais conhecidos, exatamente, com essa temática:

> Os diferentes ramos da investigação científica podem ser separados em dois grupos maiores: as ciências empíricas e as não empíricas. As primeiras procuram descobrir, descrever, explicar e predizer as ocorrências no mundo em que vivemos. Suas asserções devem ser, portanto, confrontadas com os fatos de nossa experiência e só são aceitáveis se amparadas por uma evidência empírica (HEMPEL, 1974, p. 11).

Portanto, não é supérfluo discutir as razões pelas quais enquadram-se a matemática e a lógica entre as ciências. Pois, embora sejam conhecimentos marcados pela racionalidade, verificabilidade e sistematicidade, não procuram o conhecimento objetivo, ou seja, não nos fornecem conhecimento sobre a realidade, tal como o fazem a sociologia ou a física.

Apenas a partir dessa diferença fundamental, entre as ciências formais e as empíricas, várias questões de ensino de ciências podem ser elencadas e tratadas de forma interdisciplinar, por professores de ciências e filosofia. Alguns tópicos que podem ser abordados, por exemplo: a) A partir da constatação de que a matemática opera com objetos ideais, por que razão ela é amplamente utilizada nas ciências empíricas? b) A matemática realmente, auxilia, as ciências empíricas na organização e reconstrução das relações complexas que existem entre os fatos? c) Até que ponto a interpretação dos fatos, segundo o conhecimento matemático, possui limites e se mostra arbitrária?

Esse tipo de discussão, que é plenamente possível de se fazer, de forma interdisciplinar, no ensino médio, evitaria um equívoco muito comum, como o do curioso episódio do cientista da computação, que alega que os simples conhecimentos de lógica, adquiridos em sua formação universitária, o habilitam a examinar artigos científicos na área de saúde[6]. Certamente, com um pouco de filosofia da ciência, essa personagem saberia que as ciências empíricas

6. Cf. https://politica.estadao.com.br/blogs/estadao-verifica/mascaras-sao-eficientes-no-combate-ao-novo-coronavirus-ao-contrario-do-que-diz-influenciador/

servem-se de símbolos interpretados e não de variáveis lógicas. Além disso, como bem assinala Bunge, a racionalidade:

> é necessária, mas não é suficiente para os enunciados fáticos; em particular, assumir um sistema lógico é necessário, mas não é uma garantia de que se obtenha a verdade. Além da racionalidade, exigimos que dos enunciados das ciências fáticas que sejam *verificáveis na experiência*, seja indiretamente (no caso das hipóteses gerais), seja diretamente (no caso das consequências singulares das hipóteses) (BUNGE, 1973, p. 14-15, tradução nossa).

É de interesse filosófico esclarecer de que modo e por quais razões pode-se asseverar, por exemplo, que a biologia se distingue, fundamentalmente, da física. Obviamente, essa demarcação de territórios pode ser vista como ultrapassada e até contraditória, com uma proposta de interdisciplinaridade. No entanto, a capacidade de se identificar as semelhanças e diferenças, entre as diversas ciências, pode ser utilizada para se pensar no problema da arbitrariedade dos critérios utilizados. A classificação das ciências, segundo seus objetos e métodos, fornece instrumental teórico para a compreensão dos limites da utilização da lógica, em ciências tais como a biologia ou a física.

2.1 O que é uma teoria científica?

Num sentido intuitivo, costuma-se chamar de **teoria**, a um conjunto organizado de conhecimentos sobre uma dada área da realidade. Por exemplo, fala-se em teoria microbiana das doenças, teoria econômica neoclássica, teoria do inconsciente de Freud, teoria da gravitação de Newton, teoria atômica de Dalton, teoria dos elementos químicos de Lavoisier etc. Cabe, então, colocar a seguinte questão: o que todos esses usos possuem em comum?

Quando se menciona a "teoria microbiana das doenças", o objetivo é referir-se a um sistema de conhecimentos que começa no século XVI, com o trabalho do pensador renascentista, Girolamo Fracastoro, no qual ele afirma que infecções contagiosas podem ser transmitidas por pequenas entidades, e chegam até a identificação de microorganismos causadores de doenças, na biologia contemporânea (MARTINS et al, 1997 p. 91). Este sistema é uma *teoria*, porque é, ou tenta ser, um conjunto organizado (um sistema) de conhecimentos, relativos à mesma área da realidade (biologia).

Geralmente, a *teoria* é tomada também como a parte oposta à *prática*, em qualquer atividade. O objetivo da utilização de teorias científicas é, como assevera Carl F. Craver:

> controlar, descrever, projetar, explicar, explorar, organizar e prever os itens num dado domínio. Dominar um campo da ciência requer a compreensão de suas teorias, e muitas contribuições para a ciência são avaliadas por suas implicações na construção, teste e revisão de teorias. Compreender teorias científicas é pré-requisito para compreender a ciência (CRAVER, 2002, p. 55, tradução nossa).

Na ciência, a dimensão prática é o conjunto de procedimentos à procura das "leis" científicas, ou descrições de fatos. Sendo assim, é parte integrante da atividade científica planejar experiências em laboratórios, fazer observações e medições de um fenômeno astronômico, comunicar em congressos técnicos o resultado de uma pesquisa, publicar *papers* e livros nos quais se relatam aspectos de certa disciplina etc. Isso é parte da *prática científica* e, embora possa ter relação com a teoria, não é uma atividade teórica.

A *teoria* é a parte da atividade científica na qual o conhecimento está expresso em forma de enunciados, sobre o âmbito de interesse da ciência em apreço. Um exemplo simples, da mais consolidada das ciências, a mecânica clássica, pode ilustrar o que se afirma: quando se estuda o movimento de uma bola sobre uma superfície lisa e extensa, por exemplo, num laboratório ou num espaço aberto, com o intuito de medir qual é o comprimento de seu percurso, efetivamente, se está "fazendo ciência".

Sendo assim, nem sempre é necessário que se façam cálculos complicados ou que se lide com leis sofisticadas. A simples observação sistemática da bolinha, com propósitos de medição, já é uma atividade científica. Pois, num certo momento, acaba-se por se ter certeza de que a bolinha se comporta da maneira prevista pela primeira lei de Newton. Ou seja, à medida que se burila a bolinha e se lixa a superfície, para que fique mais lisa, o comprimento do percurso é maior. Isto é compatível com a *lei de inércia*. Entre as várias possíveis formulações dessa lei, considere-se a seguinte:

Todo corpo não submetido à ação de forças mantém velocidade **v** *constante.*

Como caso particular, pode ser **v=0**, que é o caso em que o corpo está em repouso no sistema de referência considerado.

A lei mesma já não faz parte da atividade individual do cientista. Ela faz parte da *teoria*.

De fato, o que seria a teoria da primitiva mecânica de Newton?

Ela é composta das seguintes famosas leis:

1) **Inércia.**
2) **Massa:**
   Um corpo de massa **m** (não nula) que recebe uma força **f** experimenta uma aceleração cujo valor numérico é **a = f/m**
3) **Ação e reação:**
   Quando um corpo recebe uma força **f** (de intensidade, direção e sentido fixos), ele "reage" com uma força **-f** (da mesma intensidade e direção, mas sentido oposto).
4) **Gravitação:**
   Dados dois corpos, de massas **m** e **m'**, cujos centros de massa estão separados por uma distância **d**, ambos exercem, um sobre o outro, uma força de atração **f** proporcional a (**m** × **m'**) e inversamente proporcional a $\mathbf{d}^2$.

Obviamente, essas leis não são todas independentes, umas das outras, mas esse não é um grave problema. E deve-se salientar que, na época de Newton, não existia a lógica moderna.

É claro que essas leis não se obtêm tão facilmente. Newton ficou famoso justamente por conta delas. Como um cientista consegue formular uma lei é um problema complicado. Segundo Steven French, "uma vez que a descoberta é 'criativa' e irracional, ela não está aberta à investigação pelos filósofos que estão interessados no que é racional a respeito da ciência" (FRENCH, 2009, p. 19). Mesmo assim, alguns filósofos se imiscuíram nessa questão e, dentre as melhores descrições desse processo, do ponto de vista da filosofia da ciência, encontra-se a de Ernest Nagel, no seu clássico *A estrutura da ciência* ou o no amplamente conhecido *A filosofia da ciência natural* de Carl Hempel.

O exemplo que se trouxe à baila, visa apenas mostrar o que é uma teoria nas ciências empíricas. É claro que a dedução possui um papel relevante também nas teorias empíricas, mas não é o único método possível, como sugere o cientista da computação mencionado acima. Basta perceber que se pode deduzir a partir da lei **4**, por exemplo, uma lei derivada que descreve a lei de queda de um corpo. Para tanto, considere **m** a massa do corpo e **m'** a massa da Terra.

Mas esta teoria de Newton mostra bem, pelo menos os elementos embrionários que constituirão, séculos depois, as teorias formalizadas. O que se tem naquelas quatro leis?

1. Tem-se expressões **primitivas**, que na física clássica não se definem. "Primitivo" não quer dizer "impossível de definir"; quer dizer apenas que, por sua simplicidade ou por conveniência, adotam-se essas expressões como ponto de partida.

Uma delas é a de *massa*. É possível definir massa como uma certa constante obtida empiricamente, é verdade... Mas quando apresenta o sistema de mecânica como uma teoria, o físico cinge-se a dizer: "temos a expressão primitiva *massa*". No mesmo exemplo, há outras duas expressões primitivas, que talvez passem despercebidas, porque estão "ocultas": a expressão *tempo* e a expressão *espaço*.

2. Tem-se expressões **definidas** a partir das primitivas. Por exemplo, na lei **2** aparece **a**, a aceleração. Lembrando que *aceleração* [média] define-se como o quociente entre a *velocidade* [média] e o intervalo de *tempo* e que *velocidade* [média] é igual a *espaço* dividido por *tempo*, constata-se que os termos primitivos *espaço* e *tempo* são utilizados na definição de aceleração.
3. Tem-se as leis. Essas leis são ponto de partida para a *dedução* de novas sentenças sobre o mundo físico.

Diante disso, pode-se fazer a seguinte observação imprescindível: possuir conhecimentos sobre o mundo da física, da biologia, da geologia, da sociologia etc, não implica, necessariamente, que seja possível integrar todos esses conhecimentos num conjunto pequeno de teorias, e que as leis iniciais das teorias permitem deduzir todas as outras.

2.2 **A questão da relação entre a teoria e a linguagem**

Tome-se a ciência que geralmente se ensina na escola. Talvez muitos não se lembrem de ter visto um teorema de biologia. Na verdade, nas décadas de 40 a 70, por influxo da última parte do programa positivista, foram enunciados muitos projetos de reduzir a uma configuração "quase" formal, algumas teorias empíricas da biologia, da psicologia e até da sociologia. Esses projetos tiveram certa aceitação entre o público filosófico, mas a sua relevância para as próprias ciências sempre ficou em dúvida.

Hoje, percebe-se que o conhecimento que se tem do mundo empírico aparece de uma forma, não necessariamente, articulada com o conhecimento precedente, e que a pretensão de encontrar uma teoria formal que represente a realidade, ainda que seja uma pequena parte, é exagerada. Isso se constata, mesmo no caso da física, na qual encontram-se algumas formalizações da mecânica do contínuo e da mecânica quântica, mas sempre existe algum fator empírico emergencial. *Não se tem* uma teoria fechada, como no caso das ciências formais (por exemplo, a geometria), que se possa considerar como definitiva.

Então, surge naturalmente a pergunta: existem teorias formais, e para que serve esta "teoria sobre as teorias"?

Mais à frente, este trabalho menciona o fato de que existem teorias formais nas (por acaso) ciências formais, especificamente, na matemática. Há inúmeras teorias algébricas, geométricas, analíticas, de probabilidades etc, apresentadas em "configuração" formal. Mas, por outro lado, também é verdade que essa organização formal das teorias nem sempre precisa ser explicitada. O caso mais prototípico é o da aritmética, que pode apresentar os números naturais como elementos de uma teoria formal, mas também como objetos intuitivos (esta última perspectiva é a que se adota, geralmente, no ensino básico e médio, no qual não se recorre à estrutura formal).

Esta observação sobre a dispensabilidade das teorias formais para lidar com conceitos científicos conhecidos, intuitivamente, pode ajudar a responder à pergunta "para que serve a 'teoria das teorias'?"

Nas ciências empíricas, são poucas as teorias "intuitivas" que podem ser levadas a um "formato" formal. Entre as teorias matemáticas, muitas delas podem ser levadas a esta forma e, de fato, alguns exemplos são óbvios, mas mesmo assim não é necessário, para o uso prático da ciência. Então, a 'teoria das teorias' serve como ferramenta metodológica, para estudar *de que maneira age a lógica dedutiva sobre teorias particulares*. Este ponto parece escapar a quem acredita que apenas a partir da lógica, ou pelo emprego da linguagem matemática, pode-se chegar a compreender algo sobre a realidade empírica.

De maneira mais precisa: quando **T** é uma teoria intuitiva, nem sempre é fácil determinar quais enunciados da mesma são consequência dedutiva de outros. Ora, seja **T*** uma teoria formal que, do ponto de vista de nosso conhecimento científico, é *equivalente* a **T**, e seja **L(T*)** sua linguagem formal subjacente. Nesse caso, analisar as relações de dedução entre enunciados de

T se "traduz" à análise dos enunciados de **L(T*)** que são, evidentemente, mais formais, e estão formulados de maneira mais precisa. A eles podem-se aplicar, por sua maior transparência, os critérios usados na lógica proposicional e de predicados, desde que **L*(T)** seja uma destas linguagens.

Observe-se que pode acontecer que uma teoria intuitiva **T**, uma vez formalizada, seja representada por uma teoria **T***, cuja linguagem subjacente **L*** não seja uma das linguagens básicas proposicional ou de predicados de 1ª ordem. Isso, de fato, acontece com a maior parte das teorias. Mas esse assunto pertence a um nível mais avançado da lógica, que pouca serventia tem para a prática científica.

Acima, nos referimos a teorias *intuitivas* (como é usado o termo na linguagem ordinária) e teorias *formais*, no sentido de sistemas de enunciados, rigorosamente, organizados. Para fazer objetivos todos os conceitos, uma alternativa que se propõe é partir do pensamento e ancorá-los na linguagem. Esse procedimento conduziu à criação de linguagens aptas para a lógica. Uma questão, pois, se coloca: como estender os benefícios dessa objetividade às teorias em geral?

Quase de maneira contínua, fazem-se deduções na linguagem natural. Essas deduções podem referir-se ao senso comum, sem qualquer compromisso com alguma ciência organizada. É o caso de inferências, como a seguinte:

Hoje é sábado; **logo**, *amanhã é domingo*.

Usando a linguagem natural, agora enriquecida com algum vocabulário técnico, e usando proposições específicas, de alguma área do conhecimento, é possível que se façam deduções dentro do campo da ciência. Assim:

Esta bola tem massa **m**; **logo:** *esta bola poderia liberar uma energia de* **mc²**.

O que foi usado para fazer estas deduções e outras muitas do mesmo estilo?

a) A linguagem natural na qual se raciocina.
b) Eventualmente, alguns termos técnicos de alguma ciência (como, no caso "massa" indicado por **m**, e "velocidade da luz", indicada por **c**).
c) Certas expressões que *são aceitas como verdadeiras*. Nos exemplos acima, foram aceitas como verdadeiras que o domingo é o dia seguinte ao sábado, e que a energia vale **mc²**.
d) Algumas **regras** de dedução que estão *implícitas*.

Separando estes componentes do restante da linguagem, obtém-se um *sistema* de enunciados e regras que serve para fazer deduções. Este sistema **dedutivo** é uma versão ainda embrionária de *teoria*.

Um caso muito interessante vem a ser o de um **sistema axiomático**, que é um sistema dedutivo de um tipo especial. O primeiro exemplo histórico de sistema axiomático foi a forma dedutivamente organizada da geometria elementar, produzida por Euclides de Alexandria, no século II a.C. Como assevera Howard Eves: "Apesar da grande importância do conteúdo do *Elementos*, talvez mais importante ainda seja a maneira formal como se apresenta esse conteúdo" (EVES, 2004, p. 178).

No *sistema axiomático*, a linguagem básica nem sempre é formal. Ou seja, não apenas a descrição do sistema, desde a metalinguagem, como também alguns componentes da linguagem mesma, estão expressos em linguagem natural. O que caracteriza o sistema axiomático é a existência de um conjunto bem definido de proposições, chamadas **axiomas**, que, como já se mencionou, são sentenças utilizadas como *ponto de partida* das inferências.

A preservação da expressão "sistema axiomático" deve-se um pouco à tradição. No fundo, um tal sistema é uma linguagem não totalmente formal, munida de alguma teoria. Na descrição clássica de um sistema de axiomas, tal como está implícita em Aristóteles e é concretizada depois em Euclides, dito sistema possui os seguintes componentes:

1. expressões enumeradas inicialmente, sem definição (usava-se dizer que eram "indefiníveis", embora isto não faça qualquer sentido; de fato, são escolhidas por convenção);
2. expressões definidas a partir das primitivas;
3. enunciados apresentados sem justificação (na antiga "gíria" lógica, eles eram considerados autoevidentes): **postulados**;
4. enunciados deduzidos a partir dos postulados: **teoremas**.

Outro caso que pode ser declinado é o de uma **teoria formal**. Seja uma linguagem formal que consideramos fixa. Ela servirá como linguagem *subjacente* às teorias que pretendemos definir. Sendo assim, uma **teoria formal** pode ser definida de duas maneiras:

a) Como um conjunto de sentenças que "falam" de tudo o que é relevante à teoria. Assim, uma teoria para a aritmética elementar dos números naturais é um conjunto de sentenças, com todas as afirmações aritméticas verdadeiras.
b) Como aquele conjunto de sentenças que pode gerar, por dedução, todas as outras sentenças verdadeiras. Ou seja, neste sentido, uma teoria é o conjunto de sentenças que geram a teoria no sentido (a).

Neste sentido, a lógica é uma *teoria formal* num sentido amplo: uma "doutrina" sobre a dedução e sobre o uso das linguagens necessárias para expressar, rigorosamente, o conceito de dedução. Mas também pode ser considerada como um sistema particular, ou seja, uma teoria específica.

2.3 **Que tipo de linguagem é mais apta para uma teoria?**

A escolha de uma linguagem para a teoria é um passo fundamental. As linguagens formais possuem uma parte morfológica, imprescindível, na qual podem estar apoiadas diversas *teorias*. Uma linguagem tem seu próprio interesse, mesmo que não seja o suporte de nenhuma teoria, mas o fato de sê-lo coloca a teoria *dentro* da linguagem, ou seja, a teoria também passa a ser *formalizada*. Entretanto, para apresentar uma teoria, na maioria das vezes, *não* precisamos de uma linguagem formal. Inclusive, as teorias matemáticas estão expressas, geralmente, na linguagem usual que as pessoas usam para se comunicar, com o aditivo de alguns símbolos especiais.

Vejam-se os clássicos gregos: um **axioma** era um princípio geral do estilo: "duas coisas iguais a uma terceira são iguais entre si", "se a duas coisas iguais se lhe acrescentam duas partes iguais, as coisas obtidas são iguais". E é com esta função que aparecem nos *Elementos* de Euclides. Também aí há alguns **postulados**. Os postulados são princípios mais específicos, que dizem respeito ao *campo* da teoria que está sendo tratada. No caso da geometria, os postulados tratam de objetos geométricos, como pontos, retas, ângulos, figuras etc. Essa distinção perdeu interesse na época moderna.

Com o final da influência escolástica, no século XVII e a aparição de certo rigor científico, princípios "gerais" como os axiomas já não eram interessantes para a maioria dos cientistas, embora alguns filósofos ainda os utilizassem. Aos poucos, os conceitos de *axioma* e *postulado* ficaram equivalentes.

Outro ponto importante é que não foi a necessidade de demonstrar teoremas que conduziu a criar as linguagens formais. De fato, em toda a matemática antiga, medieval e começos da moderna, é usual a presença de teoremas. Ainda hoje, os teoremas, que se demonstram no ensino básico ou no ensino superior, não estão totalmente mergulhados numa linguagem formal.

Para os antigos, um teorema é uma sentença que se deduz dos axiomas. Mas, nesse caso, todo teorema deveria estar inserido numa teoria com axiomas explícitos. Isto não é, porém, o que realmente acontece na prática científica. Um **teorema** de um sistema dedutivo é, em princípio, uma proposição que pode ser deduzida nesse sistema. Mas não é uma conclusão qualquer. É uma conclusão que possui validade, ou seja, que é **verdadeira** do ponto de vista da dedução.

As teorias matemáticas são as que mais facilmente podem ser escritas com base em linguagens formais. O principal motivo é o caráter formal da própria matemática, o que, já nos começos do pensamento científico, induziu a formular a geometria de maneira "quase" formal, como foi feito por Euclides, em seus *Elementos*. Alguns exemplos: teoria de grupos e a aritmética.

A teoria de *grupos* está baseada numa linguagem que possui só um operador, um único elemento designado e nenhuma relação. Vamos indicar essa linguagem assim:

$L = \{ *, e\}$

onde * é um operador binário e **e** é o elemento designado.

A teoria fica totalmente caracteriza pelos axiomas seguintes:

1) Associativo:
$(\forall \mathbf{x})\ [\mathbf{x}*(\mathbf{y}*\mathbf{z})] = [(\mathbf{x}*\mathbf{y})*\mathbf{z}]$

2) Elemento neutro:
$(\forall \mathbf{x})\ [(\mathbf{x}*\mathbf{e}) = \mathbf{x}]$

3) Inverso:
$(\forall \mathbf{x})\ (\exists \mathbf{x}')\ [(\mathbf{x}*\mathbf{x}') = \mathbf{e}]$

A aritmética elementar dos números naturais também pode ser escrita como uma teoria formal. De fato, na prática, isso não parece necessário: todos nós sabemos operar com números naturais, mas quase nunca temos consciência de que existem "axiomas" para essa teoria.

Conclusão

A discussão que se desenvolveu neste ensaio pretendeu fornecer elementos para que se pense, com o devido cuidado, a seguinte questão: será que é possível descrever a realidade com rigor formal, ou seja, será que uma teoria da física, da biologia, da geologia ou até das ciências humanas pode se reduzir à lógica ou à matemática? Uma boa resposta, encontramos em Newton da Costa: “As ciências formais (...) têm como critério capital de justificação a evidência. Por sua vez, as ciências empíricas (fatuais ou reais) se justificam via processos que lhe são específicos” (COSTA, 1997, p. 34).

Em suma, vê-se que a resposta emerge da reflexão filosófica e não das técnicas mesmas das ciências formais. Portanto, com o auxílio da filosofia da ciência, o processo de educação científica (sobretudo no ensino básico), tende a se tornar menos dogmático. Assim, o próprio conteúdo das teorias científicas pode ser tornar mais compreensível, mais “racional”, para quem se educa cientificamente. Com isso, mitos sobre o conhecimento matemático, ou qualquer outra ciência, são substituídos por crenças racionais.

Do ponto de vista da filosofia da ciência, muito há que ser feito. As opções para integração da filosofia com o ensino de ciências são quase infinitas. Mas, há que se pensar metodologias, práticas educativas, projetos de iniciação científica e muitas outras coisas, para que essa mera sugestão se torne um programa pedagógico concreto. Tudo dependerá de que docentes, estudantes e autoridades encarem essa crise como uma janela de oportunidade para a criação de uma nova realidade no ensino de ciências.

Referências

BRASIL. INEP. Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil. INEP, 3 dez. 2019. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206. Acesso em: 10 nov. 2020.

BUNGE, M. *La ciencia – su método y su filosofia*. Buenos Aires: Siglo Veinte, 1973.

COSTA, N. *O conhecimento científico*. São Paulo: Discurso, 1997.

CRAVER, C. F. Structures of Scientific Theories. In MACHAMER, P; SILBERSTEIN, M. (org.) *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Massachusetts (USA): Blackwell Publishers Inc., 2002.

DIAS, E; PINTO, F. C. F. A Educação e a Covid-19. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v.28, n.108, p. 545-554, jul./set. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/ensaio/v28n108/1809-4465-ensaio-28-108-0545.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

EVES, H. *Introdução à história da matemática*. Campinas: Ed. Unicamp, 2004.

FRENCH, S. *Ciência*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GATTÁS, M. L. B.; FUREGATO, A. R. F. A interdisciplinaridade na educação. *Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste*, v. 8, n. 1, 2007, p. 85-91 Universidade Federal do Ceará Fortaleza, Brasil.

HEMPEL, C. *Filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.

JAPIASSÚ, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

MARTINS, R. et al. *Contágio: história da prevenção das doenças transmissíveis*. São Paulo: Moderna, 1997.

MACHADO, W. Um panorama da pesquisa em saúde no Brasil. IPEA, Publicado em 25/06/2020 - Última modificação em 09/09/2020. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/179-um-panorama-da-pesquisa-em-saude-no-brasil. Acesso em: 10 nov. 2020.

POPPER, K. *Conjecturas e refutações*. Brasília: Ed. UnB, 1972.

ROCHA, J. B; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. *Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica*. 2ª edição. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015. Disponível em: http://www.pucrs.br/edipucrs. Acesso em: 20 out. 2020.

SARKAR, S.; PFEIFER, J. (ed.). *The philosophy of science: an encyclopedia*. New York: Routledge, 2006.

Artigo recebido em 19/11/2020 e aprovado para publicação em 25/11/ 2020

ISSN 1677-7883
DOI: http://dx.doi.org/10.31607/coletanea-v19i38-2020-11

Como citar:

ROCHA, André Campos da. A pandemia de COVID-19 e uma breve discussão sobre ciências formais, filosofia da ciência e interdisciplinaridade. *Coletânea*: Revista de Filosofia e Teologia da Faculdade de São Bento do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 19, n. 38, p. 329-348, jul./dez. 2020. Disponível em: www.revistacoletanea.com.br